

FlexMoT – Flexible Umweltmonitoring-Plattform für Notfall- und Langzeiteinsätze im Offshore-Bereich

Förderkennzeichen: 03SX342

Matthias Lunge, Carsten Frank, Peer Fietzek, Daniel Esser
(Kongsberg Maritime Contros GmbH)

Thomas Ruth, Stefan Audersch, Prof. Uwe Freiherr von Lukas
(Fraunhofer IGD)

Volker Nuppenau, Manfred Kühn, Frank Appel, Dr. Gerd Schriever
(Oktopus GmbH)

Dr. Uwe Rudolf (LEONI Special Cables GmbH)

Dr. Sascha Flögel, Dr. Olaf Pfannkuche (GEOMAR Kiel)

Einleitung

Zielsetzung für das 2013 gestartete Projekt FlexMoT war die Entwicklung eines flexiblen Monitoring-Tools als Langzeitmesssystem, sowie als Notfallsystem mit geringstem Rüstaufwand und schneller Datenverfügbarkeit. Zusätzlich sollte die Möglichkeit bestehen, temporär vertikal (profilierend) in der Wassersäule messen zu können, wozu Messungen mit einem Fahrstuhl-Float vorgesehen wurden. Das Monitoring-System soll schwerpunktmäßig im Bereich der Umweltüberwachung im Umgebungswasser von Offshore Öl- und Gasproduktionsplattformen und Offshore-Windanlagen, aber auch für andere Messaufgaben unter Wasser, für wissenschaftliche Dauermessungen sowie zur Gewässerüberwachung genutzt werden können. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Baukastensystems, welches in der Lage ist, mit Modulkomponenten unterschiedliche Einsätze und Anforderungen zu bewältigen. Die modulare Systemstruktur soll die Anbindung unterschiedlicher Sensoren und Messgeräte ermöglichen und findet sich nicht nur auf Seiten der Hardware sondern auch in der zu entwickelnden Software zum Management, Auswertung und Visualisierung der erfassten Daten wieder. Das Projekt FlexMoT wurde im Verbund durch die Unternehmen Kongsberg Maritime Contros GmbH (ehemals CONTROS Systems & Solutions GmbH, Konsortialführer), Oktopus GmbH und LEONI ELOCAB GmbH, sowie den Forschungseinrichtungen Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD (Projektkoordination) und GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel zwischen 2013 und 2015 durchgeführt.

Das Vorhaben wurde vor dem Hintergrund gestartet, dass durch die wachsende Expansion der Offshore-Exploration der Öl & Gas-Industrie, dem wachsenden gesellschaftlichen Umweltbewusstsein und Großunfällen wie dem

Macondo-Blowout 2010 im Golf von Mexiko (Deep Horizon Unglück) offenbar wurde, wie groß der Bedarf für Umweltmonitoring-Technik ist, die besser und schneller einsetzbar, rekonfigurierbar und benutzbar ist (modulares Grundkonzept, geringe Rüstzeiten, lange Standzeiten) und zugleich größere Bereiche abdecken und eine schnelle Datenverfügbarkeit bieten kann. Zudem war der anvisierte industrielle Markt für funktionierende und langzeit-taugliche Monitoringinstrumente aufgrund der hohen Ölpreise sehr vielversprechend. Ziel war es, ein entsprechendes flexibles und modulares System zu entwickeln, welches die entscheidenden Schwächen bisheriger Systeme umgeht und auch für den Einsatz durch nichtwissenschaftliche Anwender (Industriekunden) geeignet ist.

Gesamtarchitektur

Zur Veranschaulichung des Funktionsprinzips wurde aus den 3D-Modellen der strukturellen Komponenten Renderings erzeugt (Abb. 1).

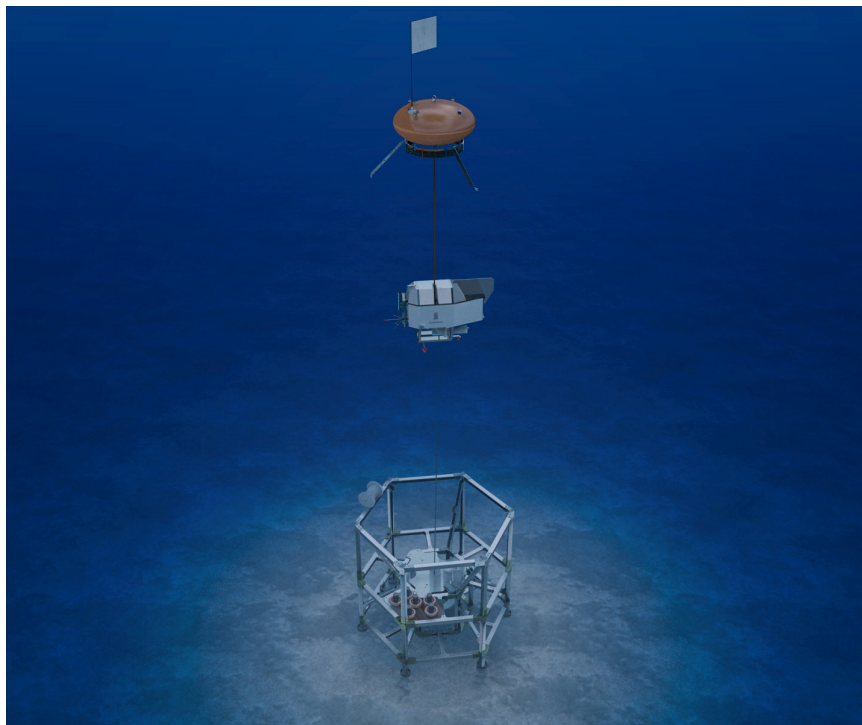


Abbildung 1: Rendering eines aktiven FlexMoT-Profilers-Systems.

In der Abbildung ist die Arbeitsposition des Systems dargestellt. Im unteren Teil befindet sich die Basisstation (Oktopus). Diese beherbergt eine Master-Unit

mit Datenlogger zur Ansteuerung von Sensoren und weiteren Komponenten. Zusätzlich sind im Basisgestell eine zentrale Energieversorgung mit Schnittstellen für den Profiler und andere Verbraucher sowie der Kurierspeicher mit kleinen Datenkurieren angebracht. Am Kletterseil (LEONI) befindet sich auf halber Höhe der Profiler oder Fahrstuhl (KM Contros), der ebenso mit Sensorik bestückt ist. Eine Kopfboje (Oktopus) strafft das Seil an dem der Profiler auf und ab fährt. Vor und während des Deployments sind sowohl Profiler als auch Kopfboje im Basisgestell gepackt, so dass ein kompakter Transport und eine unkomplizierte Ausbringung möglich sind. Über einen Release-Mechanismus kann die Kopfboje so ausgelöst werden, dass sie bis an die Wasseroberfläche aufsteigt und eine rückstandslose Bergung des gesamten Systems per Kran oder Winde ermöglicht.

Profilierende Sensorik

Im Rahmen des Projektes war KM Contros schwerpunktmäßig verantwortlich für die Entwicklung des Fahrstuhls und des darauf installierten Sensorpakets inklusive Entwicklung und Weiterentwicklung einzelner Sensorikkomponenten. Ein Sensorpaket, das sich in der Wassersäule auf und ab bewegt ist wichtig für ein effizientes Monitoringsystem da sich die Fahne einer bodennahen Leckage sehr unregelmäßig im Wasser ausbreitet und eine Messung nahe dem Meeresboden im Leckagefall nicht mit ausreichender Wahrscheinlichkeit ein messbares Signal ergibt. Entsprechend besteht die Notwendigkeit bis zu einem gewissen Grad die Wassersäule mit zu beobachten. Dies kann dadurch gelöst werden, dass eine nach oben schwimmende Sensorkette an einer Lander-Basisstruktur befestigt wird. An dieser Kette müssten in regelmäßigen Abständen Sensoren angebracht werden um eine ausreichende Abdeckung der Wassersäule zu erreichen. Das ist eine Lösung, die aus Kostengründen für viele Kunden nicht in Frage kommt, da neben den Sensoren auch das Kabel mit der in so einem Fall notwendigen Energie – und Datenversorgung sowie der dann mit zu verbauenden Schnittstellen eine vergleichsweise große Investition erfordert. Auch ist Ausbringung und die Einholung eines solchen Systems kompliziert und anfällig für Fehler oder Schäden.

Die Alternative zu einer Messkette ist die Verwendung eines Profilers, der ein entsprechendes Seil heraufklettert oder an ihm hoch schwimmt (z.B. durch Dichteänderung). Das System ist zwar technisch aufwändiger, da sich das Sensorpaket bewegen muss und daher ein wie auch immer gearteter Antrieb vorgesehen werden muss, aber die Anzahl der benötigten Sensoren ist deutlich geringer und das nach oben schwimmende Kabel deutlich einfacher aufgebaut als eine Sensormesskette. Daher wurde für FlexMoT dieser Weg gewählt. Die Frage nach dem zu verwendenden Antrieb ließ sich im Rahmen

des Projektes leicht beantworten, da ein Dichteantrieb zwar energetisch deutlich sparsamer ist, sich aber mit einem solchen Antrieb die Aufschwimmgeschwindigkeit und ein Parken des Profilers in einer bestimmten Wassertiefe nicht realisieren lassen. Entsprechend wurde ein steuerbarer mechanischer Klettermechanismus realisiert.

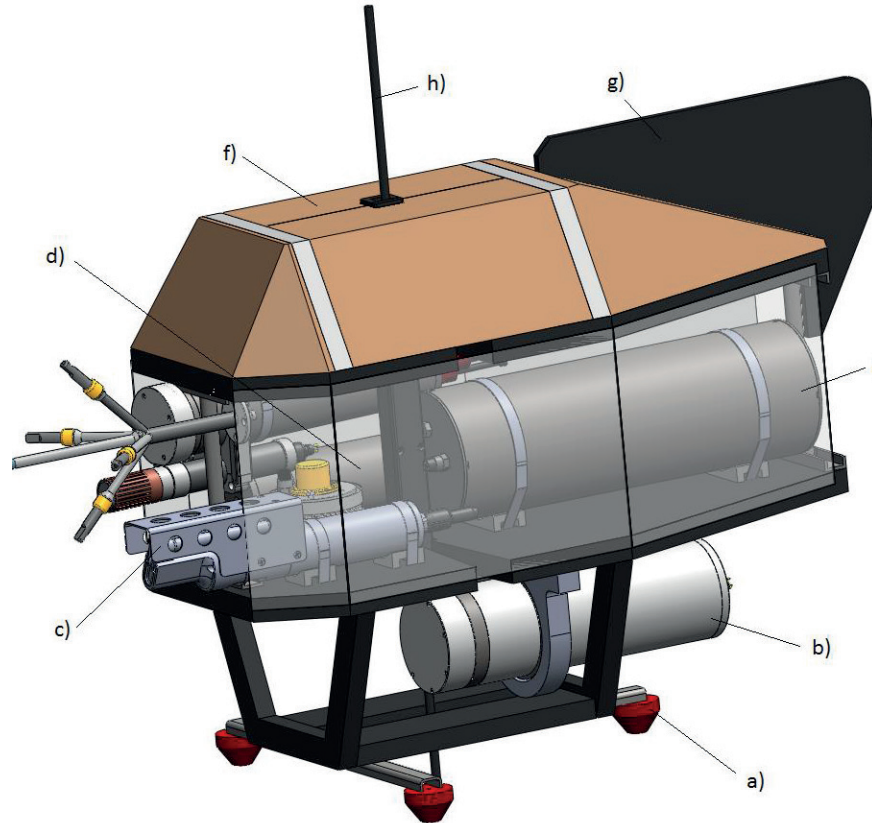


Abbildung 2: Modell des Fahrstuhls inkl. Sensorik. Weitere Erläuterungen zu den Beschriftungen finden sich im Text.

Der Profiler (siehe Abb. 2) besteht aus

- einem Rahmen (a), der alle Komponenten trägt und in den der Auftriebschaum (f) sowie eine Finne zur Stabilisierung (g) integriert ist,
- einer beweglichen Antriebseinheit (b), die das Profilieren an dem Führungskabel (h) ermöglicht,
- einem Sensorpaket (c), mit folgenden Sensoren
 - HydroC™ CH4 (Methan)
 - PAH-Sonde
 - Strömungsmesser inkl. Magnetfeldkompass, Neigungs- und Beschleunigungssensor

- einem embedded System (Mastermind), das für alle Steuer- und Regelfunktionen zuständig ist (d) und
- einer Batterie (e) und dem Batteriemanagementsystem.

Modular aufgebaute Basisstation

Die Konstruktion und Fertigung des Basisgestells, in welchem sich die Kuriere und weitere Komponenten befinden, stellte einen der Schwerpunkte von OKTOPUS dar. Im Zuge dessen wurde das modulare Profilsystem OktoMFS entwickelt und optimiert. Die mechanische Grundlage des FlexMoT-Systems ist das Basisgestell, welches alle ins Wasser auszusetzenden Komponenten beherbergt. Die Gestellprofile haben einen offenen Querschnitt, der so ausgelegt ist, dass das Gestell genügende mechanische Stabilität hat (mit ähnlichen mechanischen Werten, wie ein geschlossener Querschnitt) und gleichzeitig durch gute Zugänglichkeit eine sorgfältige Reinigung der einzelnen Profile (Entfernen von Salzwasser nach dem Einsatz) möglich macht und damit Korrosion an den Gestellkomponenten verhindert. Als Material für das Profilsystem OktoMFS wurde der Edelstahl 1.4571 ausgewählt. Dieser kann inklusive Prüfwerkzeug mit kurzen Lieferzeiten gut beschafft werden und hat ein angemessenes Preis-Leistungsverhältnis. Für einen kompakten, kostengünstigen und schnellen Transport ist das Basisgestell, bestehend aus C-Profilen und Knotenstücken, komplett zerlegbar, modular erweiterbar sowie jedes Einzelteil leicht austauschbar. Weiter können jegliche Anbauteile (wie z.B. Kameras, UW-Lampen) ohne das Schwächen der Profile (z.B. durch Bohrungen, Langlöcher) an jede erdenkliche Stelle montiert werden. Dies geschieht über Nutsteine, welche in die Träger geschoben werden und sich dann in der Öffnung des jeweiligen Profils einklemmen. Das Halbzug der Profile ist ein Blech, welches mit Laser ausgeschnitten, gefaltet und an für die Stabilität entscheidenden Stellen verschweißt wird. Durch dieses besondere Verfahren zur Herstellung der Träger wird ein sehr stabiler Träger mit hoher Traglast und geringem Eigengewicht generiert. Die einzelnen Träger werden durch spezielle Eckverbinder und Knotenstücke verbunden. Für das FlexMoT-Basisgestell wurde die vorteilhafte Form einer Bienenwabe gewählt (Abb. 3). Bei dieser Form werden Kräfte gut von den Verbindungsstücken aufgenommen und das Gestell bekommt einen mechanisch stabilen Aufbau

für das gute Hantieren an Deck eines Schiffes. In der Mitte des Gestells ist genügend Platz für diverse Leinen und Kabel (Aufholleine, Fahrstuhlkabel, Notfall-Leine). Im äußeren Ring werden die Druckkörper mit der Elektronik, die Energieversorgung sowie verschiedene Sensoren platziert.

Datenempfangsmodul und Datenmanagement



Abbildung 3: FlexMoT-Basisgestell in der 1. Ausbaustufe.

Im Projekt wurde für den Datenempfang und das Datenmanagement durch das Fraunhofer IGD primär ein Plugin-Framework entworfen und prototypisch umgesetzt. Auf Basis des Industriestandards OSGi für modulare Anwendungen wurden so Eigenschaften und Beschreibungen für sogenannte FlexMoT-Plugins ausgearbeitet. Zu den Plugin-Klassen gehören Sensor-, Datenhandling-, Visualisierungs- und System-Plugins. Für die Beschreibung der verschiedenen Plugins und ihrer Eigenschaften wurden verschiedene Taxonomien und Beschreibungsformate untersucht und evaluiert. Nicht für alle der Plugin-Klassen konnten geeignete Formate, Standards oder Taxonomien gefunden werden, so dass eigene XML-Beschreibungen entwickelt wurden, die sich an Taxonomien aus der aktuellen Forschungsliteratur orientieren bzw. diese in einem eigenen XML-Dialekt formalisieren. Für die Beschreibung der Sensoren hat sich SensorML als geeignet erwiesen, ein durch das OGC-Konsortium spezifiziertes Format zur Beschreibung von Sensoren und Sensorsystemen und Teil der SWE-Standards (Sensor Web

Enablement). Mit den reichhaltigen beschreibenden Metadaten der Plugins sind das Auflösen von Abhängigkeiten untereinander sowie (semi)automatische Auswahl geeigneter Operationen beim Datenhandling aber auch bei der Datendarstellung möglich. Erste Plugins (für ein durch KM Contros entwickeltes bzw. bereitgestelltes Grundsensor-Modul, d.h. für CH₄, CO₂, Temperatur, PAH, Salinität) wurden entwickelt. Sie wurden auch verwendet um die Grundidee der automatischen Abhängigkeitsauflösung zu testen. Im Prototyp werden bei der Installation eines neuen Sensors (als Plugin) auch eventuell noch fehlende weitere Plugins automatisch nachinstalliert. Für die Bereitstellung der FlexMoT-Plugins an einem zentralen Ort wurden verschiedene Repository- und Updatemechanismen aus dem Umfeld von OSGi, Eclipse und RCP untersucht und evaluiert. Schlussendlich wurde der OBR-Ansatz von OSGi implementiert.

Bei den Arbeiten zum Datenmanagement wurde zum einen die Speicherung von Metadaten über die Sensorik und die konkrete Systemkonfiguration betrachtet, aber auch die Speicherung der eigentlichen Messdaten. Dazu gehören Rohdaten vom Sensor aber auch abgeleitete, aufbereitete Messdaten. Zudem wurden die Messdaten, ausgehend von Empfehlungen in der Literatur, unterteilt in Level 0 (Rohdaten, einzelne Datenlieferungen) und Level 1 (Aufbereitete Messdaten als kontinuierliche Zeitreihe). Für die verschiedenen möglichen Sichten auf die Messdaten wurde eine Taxonomie entwickelt, welche die methodische Grundlage für den Entwurf und die Beschreibung geeigneter Datenmodelle, gewünschte Zugriffsarten und Suchmöglichkeiten sowie die benötigten Visualisierungen bildete.

Für das Datenmanagement wurde ein Server (DataServer) erstellt, welcher mittels REST-Kommunikation und JSON-kodiert Messdaten sowie Metadaten, z.B. über die vorhandenen FlexMoT-Installationen und aktiven Sensoren bereitstellt. Die Daten des FlexMoT-Systems gelangen mittels Datenkurieren an die Wasseroberfläche und werden zunächst per GSM an den DataReceiver versendet, der diese entgegennimmt und dann an den DataServer zur Archivierung und Darstellung im Realtime Dashboard an den Endanwender weiterleitet (Abb. 4). Zur Übertragung der Daten wurde mit den Entwicklungspartnern ein gemeinsames Datenprotokoll (Angelehnt an NMEA 0183) entwickelt, welches nicht nur die Daten der verschiedenen Sensoren transportiert, sondern auch alle Betriebsinformationen und Statusmeldungen.

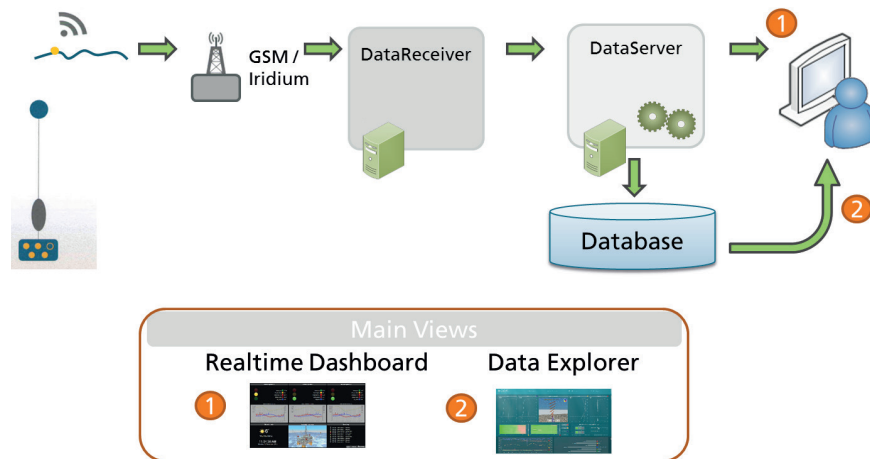


Abbildung 4: Grobarchitektur der Datenübertragung vom FlexMoT-Unterswassersystem bis zum Endanwender im Kontrollraum oder Labor.

Datenvisualisierung und interaktive Datenauswertung

Ein Schwerpunktthema des Fraunhofer IGD war die Konzeption und Entwicklung von Komponenten für rein webbasierte, interaktive Datenvisualisierungen. Dazu wurden neben den Webtechnologien HTML 5 und JavaScript u.a. die Bibliotheken D3 (Data-driven Documents) und das 3D-Framework X3DOM [3] verwendet. Mit diesem Ansatz wird auch der Zugriff auf die Daten per Internet von verschiedenen Endgeräten möglich. Sowohl für die Plattformverwaltung/Konfiguration, das Near-realtime-Monitoring als auch die Datenanalyse wurden entsprechende Softwarekomponenten erstellt und für die Nutzung auf Touch-Displays an PCs und auf mobilen Tablets getestet. Mit dem Realtime Dashboard wurde dann auch während des zweiten Feldtestes (AL 459) sowohl der Systemzustand überwacht, als auch die initiale Konfiguration während der Test-Deployments des FlexMoT-Gesamtsystems vorgenommen. Für die Interaktion mit den GUIs wurde ein Hauptaugenmerk auf neue Bedienkonzepte gelegt. Daher sind die Oberflächen konsequent auf die Unterstützung von sogenannter Direct-Touch-Interaktion ausgelegt. So wurden z.B. sogenannte Radial-Menüs integriert, die laut aktueller Interaktionsforschung auf Touch-Displays intuitiver und schneller zu bedienen sind. Aufbauend auf den zuvor einzeln entwickelten Visualisierungsgrundlagen (Komponenten für dynamische Tiefenprofile, 4D-Visualisierungen für ADCP-Strömungsdatensätze, Komponenten für Bodensensordaten) wurde ein Realtime-Monitoring-Dashboard erstellt (Abb. 5). Dieses ist für die ständig aktualisierte Anzeige der aktuellen (und in einem gewissen Zeitfenster vorher erfassten) Sensor-Messdaten sowie des Systemstatus während eines Messeinsatzes konzipiert. Es stellt nicht nur aktuelle Sensormesswerte dar,

sondern auch Betriebsinformationen des Systems (Ladezyklen, Gesamtzustand, Anzahl gesendeter Kurier usw.) Das FlexMoT Realtime Dashboard ist also für den Betrieb in einem Kontrollraum, bzw. bei wissenschaftlichen Einsätzen für die Benutzung auf einem Tablet durch den diensthabenden Wissenschaftler gedacht. Als grundsätzliche Design-Richtlinien wurde hier darauf geachtet, nur einen Teil der gemessenen Daten übersichtlich darzustellen, immer den aktuellsten Zustand zu visualisieren (sowie eine begrenzte Historie für den schnellen Abgleich mit älteren Zuständen/Messungen) und den Zustand des Systems zentral sichtbar zu machen. Für die Darstellung werden 2D- und 3D-Darstellungen kombiniert. Neben den am Boden und in der Wassersäule erfassten Messdaten enthält die Darstellung auch aktuelle Wetter- und Seegangsinformationen sowie Informationen über die Tiden in dem Seegebiet.

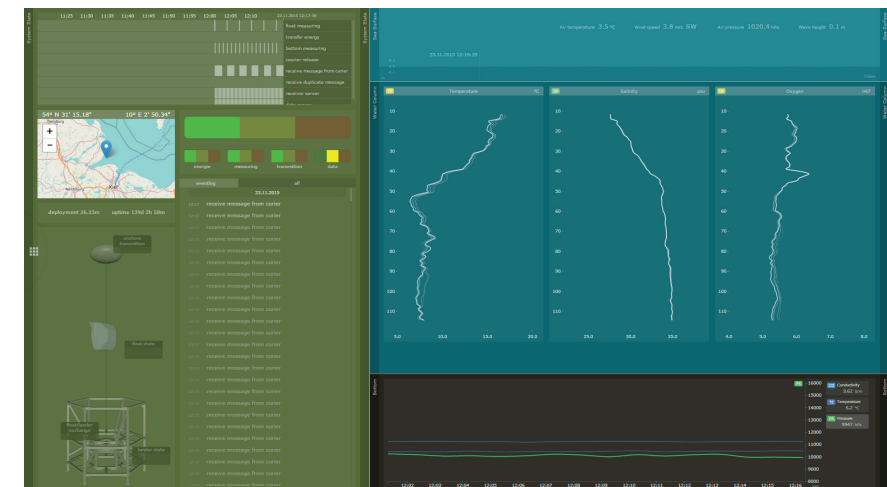


Abbildung 5: Realtime Dashboard zur Anzeige der aktuellsten Sensor-Messwerte und diverser Betriebsparameter, dem Gesamtzustand und Deployment-Informationen. Neben der Karte sind im linken Drittel Ampeln für den Status des Gesamt- und ausgewählter Teilsysteme angeordnet.

Für den Bereich „Datenanalyse“ wurde eine komplexe Softwarekomponente erstellt – der sogenannte FlexMoT Explorer View (FEV). Er ist für die eingehende und präzise visuelle post mortem-Analyse und Exploration aller vorliegender Daten nach einem Messeinsatz konzipiert (Abb. 6 und 7). Damit kann dann z.B. per Mauszeiger oder per Fingertouch ein konkreter Wert einer Messung in einer bestimmten Tiefe zu einer bestimmten Zeit erfragt werden und im Kontext aller anderen Parameter betrachtet werden. Für die Darstellung werden 2D- und 3D-Darstellungen kombiniert. Neben den am Boden und in der Wassersäule erfassten Messdaten enthält die Darstellung auch aktuelle und prognostizierte Wetter- und Seegangsinformationen an der Position des Sensorsystems.

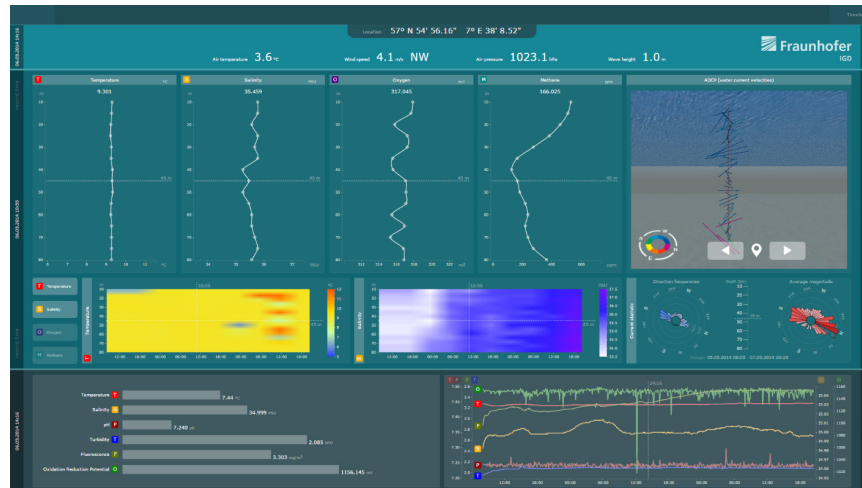


Abbildung 6: Der FlexMoT Explorer View (FEV), realisiert als interaktive Webvisualisierung. Im Screenshot wurden exemplarisch die während des ersten Feldtestes (AL 436) erhobenen Messwerte dargestellt.



Abbildung 7: Exploration der Messdaten durch direkte Interaktion mit den 2D- und 3D-Darstellungen des FEV auf einem 84“-MultiTouch-Display.

Die FEV-Komponente wurde mit einer umfassenden Nutzerstudie durch Fachanwender insbesondere hinsichtlich ihrer Praktikabilität getestet [4]. Ziel war es, zu untersuchen, ob die Verwendung von Direct-Touch-Interaktion zur Datenexploration geeignet ist und die Verknüpfung bzw. Synchronisierung von Daten verschiedener Sensoren in einem einzigen Visualisierungstool dazu beiträgt, Zusammenhänge besser zu erkennen und Aufwand und Zeit zur Auswertung der Daten zu verringern.

Optimierung von Kabeloberflächenstrukturen

Zur Entwicklung von optimierten Oberflächenstrukturen von Kabeln durch LEONI ist im Jahr 2013 der Auftrag zur Beschaffung eines Messrahmens für den Windkanal veranlasst worden (Abb. 8).



Abbildung 8: Messrahmen mit eingespanntem Muskeltankabel im Windkanal

Damit konnten die ersten Vergleichsmessungen zwischen dem Anströmverhalten an einem Kabel und einem massiven Stab vorgenommen werden. Hintergrund dieser Messungen ist der Gedanke, dass möglicherweise die Fertigung von unterschiedlichen Oberflächenstrukturen mittels des ursprünglich vorgesehenen Extrusionswerkzeuges wesentlich aufwändiger und kostenintensiver ist als die analoge Herstellung von unterschiedlichen Stabgeometrien. Die durchgeführten Messungen sowohl mit dem Kabel als auch mit unterschiedlichen Stabmaterialien (Stahl, Aluminium und Kunststoff) ergaben die Möglichkeit, entsprechende Umrechnungen bei den Anströmwiderständen vorzunehmen. Diese Messarbeiten wurden am Windkanal der Universität Rostock im Rahmen einer studentischen Semesterarbeit durchgeführt. In einem ersten Los sind neun unterschiedliche Oberflächenformen für Kabeloberflächen definiert worden (Abb. 9). Auf der Grundlage der oben dargestellten Grundsatzuntersuchungen sind 8 Metallstäbe mit unterschiedlichen

Kabeloberflächengeometrien sowie ein runder Vergleichsstab gefertigt worden, die 2015 auf ihr Anströmverhalten geprüft wurden. Ziel war es hierbei, Geometrien zu finden, die es ermöglichen, den Anströmwiderstand des Kabels im frei hängenden Zustand, zum Beispiel an Bojen, zu reduzieren.



Abbildung 9: Prüfstäbe zur Vermessung der Optimierung von Kabeloberflächengeometrien.

Die durchgeführten Messungen ergaben, dass bei einer nicht rotationssymmetrischen Oberflächengestaltung eine Reduzierung des Anströmwiderstands um bis zu 25% zu erzielen ist. Dabei ist zu beachten, dass sich ein derart geformtes Kabel immer in die Strömung drehen muss um diese Reduzierung zu zeigen. Gleichzeitig konnte nachgewiesen werden, dass diese Reduzierung sowohl bei einem Anströmwinkel von 90° als auch bei Anström winkeln von 60° und 45° erreichbar ist. Eine zweite getestete Oberflächengeometrie ist rotationssymmetrisch. Diese Geometrie führt zu einer Reduzierung des Anströmwiderstands von bis zu 30%, allerdings nur bei einem Anströmwinkel nahe 90° . Damit ist diese Geometrie aber sehr gut geeignet für strangförmige Konstruktionen, die sich im Wasser oder in der Luft befinden und senkrecht installiert wurden. Die Messergebnisse für den Fall der 90° -Anströmung sind in Abb. 10 dargestellt, wobei der 100%-Wert einem Rundstab entspricht.

Im Rahmen zukünftiger Arbeiten soll geprüft werden, in wie weit sich derartige Kabeloberflächen wirtschaftlich fertigen lassen und welche konkreten Anwendungen hierfür relevant sind. Gleichzeitig ist es möglich, die gefundenen Oberflächengeometrien auch für andere Einsatzgebiete außerhalb der Kabeltechnik einzusetzen, zum Beispiel für die Optimierung von Türmen von Windkraftanlagen oder für die Adaptierung bei Verankerungsseilgeometrien.

Verhalten des Anströmwiderstands von allen Musterstäben

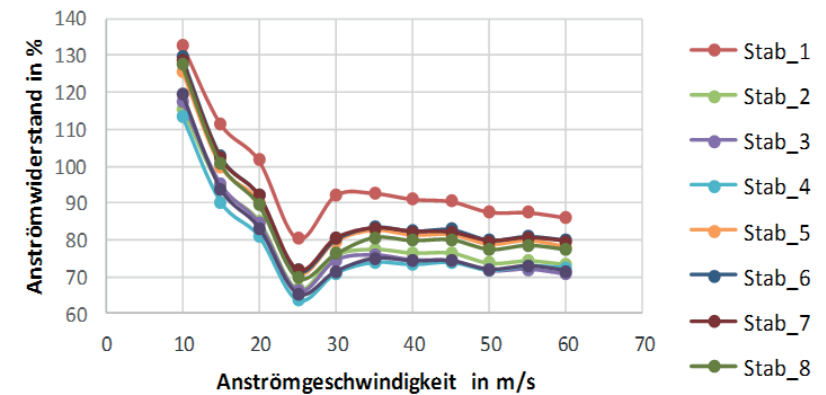


Abbildung 10: Anströmwiderstandskurven in Luft.

Feldtests

Im Projekt sollte zum einen eine Erprobung der Entwicklungen auf ihre Unterwasser- und Einsatztauglichkeit hin stattfinden. Zum anderen sollte die Funktionstüchtigkeit des Gesamtsystems nachgewiesen werden. Für diese Feldtests war es notwendig, mit einem geeigneten Schiff im angestrebten Einsatzumfeld, der Nordsee, und in typischen Wassertiefen der Kontinentalschelf-Offshore-Förderung zu testen. Das GEOMAR organisierte und stellte dafür das Forschungsschiff FS ALKOR und Schiffszeiten sowie wissenschaftliches Equipment für die Referenzmessungen zur Verfügung. Während der Ausfahrt AL 436 im Mai 2014 sollte der erste System-Prototyp in einem Gebiet mit starken Methanaustrittsquellen erprobt werden. Dafür wurde die sogenannte Well site 22/4b in der britischen AWZ ausgewählt, da dort seit einem Blowout im Jahr 1990 ein permanenter Gasaustritt vom Meeresboden in die Atmosphäre stattfindet [7]. Während der Fahrt wurden auch eine Vielzahl von parallelen CTD-Messungen durchgeführt, um einerseits Testdatensets für die Software zu erzeugen und andererseits Referenzmessungen für die profilierenden FlexMoT-Instrumente zu erhalten. Nach Trockentests des kompletten zweiten Prototyps inklusive der Datenübertragungspipeline mit GSM-Kommunikation wurde das System dann während der Ausfahrt AL 459 erneut im Feld getestet. Diese Erprobung fand im Juli 2015 in einem Arbeitsgebiet im südlichen Kosterfjord (Schweden), nahe der Insel Ramsö statt [8]. Anschließend wurde dieser Prototyp auch in einem Gebiet nahe Boknis Eck in der südwestlichen Ostsee erprobt. Bei diesen Tests wurden nicht nur die Deployment- und Release-Konzepte, sondern auch der Datentransfer von

der Basisstation am Meeresboden zum Datenempfangsserver mit den entwickelten Datenkurieren erprobt.

Zusammenfassung

Die im Projekt FlexMoT durchgeführten Arbeiten und insbesondere der entwickelte Prototyp tragen dazu bei, im Sinne der förderpolitischen Ziele, die Entwicklung sicherer, wirtschaftlicher und intelligenter Systeme zur Überwachung, Monitoring und Inspektion im Meer voranzutreiben. Wie die im Rahmen von FlexMoT entwickelten Komponenten und insbesondere auch die Feldtestergebnisse zeigen, wird die Entwicklung intelligenter Systeme für die Meerestechnik zunehmend an Bedeutung gewinnen. Der verfolgte Ansatz und Systemgedanke, die einzelnen mechanischen, Sensor- und Software-Elemente eines solchen Systems ganzheitlich zu betrachten, ist vielversprechend und zeitgemäß. Auch in der Zukunft gilt es die Zuverlässigkeit und Robustheit von Monitoring-Systemen weiter zu erhöhen. Gerade in Zeiten niedriger Öl- und Gaspreise sind innovative Technologien gefragt.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Förderung des Projektes sowie für die hervorragende Betreuung durch den Projektträger Jülich (ptj), namentlich bei Frau Dipl.-Ing. Barbara Grothkopp und Karla Haller.

Literatur

- [1] M. Kühn, „Konzept und Prototyp für eine Daten- und Energieübertragungsstrecke in Meerwasser bei 150 bar Außendruck, master thesis, Kiel University of Applied Sciences, Kiel, 2013.
- [2] J. Behr, P. Eschler, Y. Jung and M. Zöllner, „X3DOM: a DOM-based HTML5/X3D integration model,” Proc. 14th Int. Conf. 3D Web Technol. (Web3D ,09), pp. 127-135, 2009.
- [3] T. Ruth, S. Audersch, L. Huber, U. von Lukas and J. Zabel, „Using direct-touch interaction for the visual exploration of profiling sensor data.“ Proc. OCEANS '15 MTS/IEEE GENOVA, pp. 1-8, 2015.
- [4] T. Ruth, S. Audersch, S. Kluge, U. von Lukas, „From sensor to situational awareness - An extensible software approach for the integrated management and visualization of environmental monitoring”, Proc. OCEANS '16 MTS/IEEE MONTEREY, 2016.
- [5] T. Ruth, M. Kühn, S. Audersch, V. Nuppenau, U. von Lukas, F. Appel and G. Schriever, „FlexMoT – A flexible and adaptable environmental monitoring platform for offshore applications”, Proc. OCEANS '16 MTS/IEEE MONTEREY, 2016.
- [6] O. Pfannkuche, „Short Report ALKOR Cruise No. 436: Field Tests of a novel Flexible Longterm Monitoring Tool (FlexMoT) at a benthic methane source in the northern North Sea, Kiel – Kiel: 02. - 09. 05. 2014,“ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Germany, 2014.
- [7] S. Flögel, „Short Report ALKOR Cruise No. 459: Field Tests of a Flexible Longterm Monitoring Tool (FlexMoT) in the southern Kosterfjord, eastern Skagerrak, Kiel – Kiel: 03. - 09. 07. 2015,“ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Germany, 2015.